

二、技术部分

1、采购清单

序号	设备名称	计量单位	数量	是否进口
1	超导量子计算机	套	1	是
2	非线性超声测量系统	台	1	是

2、标的详细参数：

序号 1：超导量子计算机

配置清单

序号	设备名称	计量单位	数量	是否进口
1	▲大型无液氮稀释制冷机 (核心设备)	台	1	否
1.1	低温射频线缆及热沉盘	套	5	否
1.2	低温放大器	个	10	否
1.3	低温环形器	个	20	否
1.4	低温红外滤波器 (高损耗)	个	150	否
1.5	低温红外滤波器 (低损耗)	个	30	否
1.6	偏置器	个	15	否
1.7	低通滤波器 (DC-700MHz)	个	150	否
1.8	低通滤波器 (DC-80MHz)	个	15	否
1.9	低温负载	个	100	否
1.10	超导量子芯片封装组件	套	1	否
2	干式氦质谱检漏仪	台	1	否
3	冷水机	台	1	否

4	自增压液氮罐	个	1	否
5	量子阵列控制与读取系统	套	1	否
5.1	微波放大器	个	70	否
5.2	隔直器	个	70	否
5.3	室温射频线缆	根	500	否
5.4	射频连接器	个	1250	否
6	多通道相参信号源	台	2	否
7	铷钟	台	1	否
8	频率分配器	台	1	否
9	数据处理终端	套	1	否
9.1	万兆交换机	台	1	否
9.2	千兆交换机	台	1	否
9.3	路由器	台	1	否
9.4	光纤跳线	根	20	否
9.5	光纤模块	根	20	否
9.6	网线	根	10	否
10	测控机柜	个	2	否
11	隔离变压器	台	1	否
12	不间断电源	台	1	否
13	电子干燥柜	台	1	否
14	防静电工作台	台	1	否
15	矢量网络分析仪	台	1	是
16	频谱分析仪	台	1	是
17	高采样数字示波器	台	1	是

1: ▲大型无液氮稀释制冷机（核心设备）1 台套

1.1、**功能及用途**：该设备属于低温微波信号传输系统的一部分，可以为超导量子芯片提供极低温环境，是进行超导量子计算的关键设备。我们拟采购的稀释制冷机主要构成部分除了低温恒温器以及支撑架构外，还包括气体控制系统（gas handing system, GHS）、脉管压缩机（pulse tube, PT）、控制单元（control unit, CU）、水冷循环系统等。稀释制冷机是唯一一个能够持续提供制冷功率使温度保持在 300 mK 以下的冰箱型系统。

1.2、**技术参数**：拟购置的一台大型无液氮稀释制冷机主要用于样品测试、芯片迭代、实验表征、物理系统模拟实验等环节，并可支撑 ≥ 50 量子比特的同步测控和读取，并接入量子计算云平台供用户使用：

- A、★无负载基础温度： $\leq 10\text{mK}$ ；
- B、★20mK 时制冷功率： $\geq 25\mu\text{W}$ ；
- C、★100mK 时制冷功率： $\geq 1000\mu\text{W}$ ；
- D、无热负载下从室温（ $\sim 300\text{K}$ ）降到最低温（ $\leq 10\text{mK}$ ）花费时间： ≤ 48 小时；
- E、无热负载下，可在基础温度下（ $\leq 15\text{mK}$ ）持续运行时间： ≥ 30 天；
- F、MC 盘样品空间：直径 $\geq 500\text{mm}$ ，高 $\geq 600\text{mm}$ ；
- G、配备 2 台脉管压缩制冷机，单台制冷量： $\geq 1.25\text{W}@4.2\text{K}$ ；
- H、配备正常稀释循环所需 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 混合气；
- I、脉管制冷机法兰上装波纹管结构减振，低温恒温器配备重负载减震支架，顶部配有压重铝板；并配有主动式减振模块；
- J、配备配套的软件控制系统和控制机柜，具备实时状态检测、降温、冷凝和混合气回收等功能，并可通过控制柜完全手动操作；

- K、配备制冷机外罩内壁磁屏蔽罩；
- L、预装 4 组 12 对（96 根）直流双绞线：在 4 K 盘有转接 micro-D 接头，RT-4K 为含屏蔽层的铜双绞线，4K-MC 为含屏蔽层的铌钛双绞线；
- M、直流线缆安装座 1 套，适配 4 组双绞线；
- N、稀释制冷机室温盘预留不少于 8 组 KF40 孔；
- O、稀释制冷机预留不少于 6 组（KF100）从室温到 MC 级可安装 45 根以上标准 SMA 线缆的安装法兰通道；
- P、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 循环气路中采用静态 O 型圈密封方式；
- Q、制冷机中主换热器为整体完全焊接，整套系统内无任何软钎焊；
- R、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 循环气路中，要求所有泵组和压缩机为无油型（oil-free），且不可以是隔膜泵；
- S、★稀释制冷机支持低温正常运行状态下清理冷阱，且清理器件 MC 盘最低温度不得超过 200mK；
- T、配备空气压缩机，支持气体管路气动阀门正常运作。

1.3、配件及参数：大型无液氦稀释制冷机**配套组件**参数需求情况如下：

（1.1）低温射频线缆及热沉盘 5 套：

需要 4 套铜镍线缆，每套包含 45 路铜镍线，共 180 路，可以通过比特和耦合器的控制信号；另外 1 套包含 15 路超导线和 30 路铜镍线缆。除此之外，还需要 5 套热沉盘，形状适配大型稀释制冷机预留的 KF100 射频法兰通道。相关部件参数需求为：

- A、气密转接器：连接器类型：SMA-KK；频率范围涵盖：DC-18GHz；
- B、300K-50K 铜镍线缆：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ；频率范围涵盖：DC-18GHz；

- C、50K-4K 铜镍线缆：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ，低温衰减器：0dB；频率范围涵盖：DC-18GHz；
- D、4K-Still 铜镍线缆：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ，低温衰减器：20dB；频率范围涵盖：DC-18GHz；
- E、Still-100mK 铜镍线缆：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ，低温衰减器：10dB；频率范围涵盖：DC-18GHz；
- F、100mK-10mK 铜镍线缆：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ，低温衰减器：0dB；频率范围：DC-18GHz；
- G、4K-Still 铌钛超导线缆组件：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ；频率范围涵盖：DC-18GHz，低温衰减器：0dB；
- H、Still-100mK 铌钛超导线缆组件：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ；频率范围涵盖：DC-18GHz，低温衰减器：0dB；
- I、100mK-10mK 铌钛超导线缆组件：线径：0.86mm；长度：适配制冷机对应盘间距；连接器类型：SMA-JJ；频率范围涵盖：DC-18GHz，低温衰减器：0dB；
- J、另配备：10 dB 低温衰减器 50 个，频率范围：DC-18GHz，20 dB 低温衰减器 50 个，频率范围涵盖：DC-18GHz；MC 盘低温无磁线缆 300 根，频率范围涵盖：DC-18GHz，长度 600mm。
- K、气密盘漏率不超过 1×10^{-8} mBar \times L/s

(1.2) 低温低噪声放大器（10 只）：

- A、工作频率涵盖 4~8 GHz;
- B、★增益 ≥ 39 dB @4 K;
- C、增益平坦度绝对值 ≤ 1 dB;
- D、工作温度范围：涵盖 4 K-295 K;
- E、★噪声温度：噪声温度需满足： $T \leq 4\text{K@Temperature} \leq 15\text{K}$; $T \leq 60\text{ K@Temperature}=295\text{ K}$;
- F、功耗： ≤ 15 mW;
- G、连接器：SMA 双母头;
- H、要求配有室温下的低温放大器电源，并具有电压、电流调控与显示功能。

(1.3) 低温环形器 (20 只) :

- A、工作频率涵盖 4-8 GHz;
- B、插损值 ≤ 0.5 dB;
- C、★隔离度 ≥ 40 dB;
- D、射频接口：SMA 双母头;
- E、工作温度： ≤ 4 K;
- F、配备磁屏蔽罩。

(1.4) 低温红外滤波器 (高损耗) 150 只：用于超导量子芯片量子比特和耦合器 XY、Z 控制信号的红外波段滤波，进而使得量子调控信号更加纯净，具体需求参数如下：

- A、频率范围涵盖：DC-8 GHz;
- B、★插入损耗： $15\text{dB} \pm 1.5\text{dB@5GHz (70K)}$;
- C、工作温度支持 $\leq 10\text{mK}$;
- D、阻抗： $\approx 50\ \Omega$;
- E、连接器类型：SMA 公- SMA 母。

(1.5) 低温红外滤波器（低损耗）30 只：用于超导量子芯片量子比特读入和读出信号的红外波段滤波，进而使得微波读取信号更加纯净，更有利于弱量子信号的测量，具体需求参数如下：

- A、频率范围涵盖：DC-8 GHz；
- B、★插入损耗： ≤ 3 dB@5GHz (70K)；
- C、工作温度支持 ≤ 10 mK；
- D、阻抗： $\approx 50 \Omega$ ；
- E、连接器类型：SMA 公- SMA 母。

(1.6) 偏置器 15 只：用于超导量子芯片参数放大器泵浦频率信号和泵浦电压信号的合并，具体需求参数如下：

- A、频率范围涵盖：500MHz-15 GHz；
- B、插入损耗 ≤ 3 dB；
- C、阻抗： $\approx 50 \Omega$ ；
- D、连接器类型：SMA；
- E、隔离度： ≥ 25 dB。

(1.7) 低通滤波器（DC-700 MHz）150 个：用于超导量子芯片室温端 Z 控制信号的低通滤波，具体需求参数如下：

- A、频率范围涵盖：DC-700 MHz；
- B、阻抗： $\approx 50 \Omega$ ；
- C、连接器类型：SMA；
- D、工作温度支持 ≤ 10 mK；
- E、带外抑制： ≥ 35 dB。

(1.8) 低通滤波器（DC-80 MHz）15 个：用于超导量子芯片低

温端 DC 控制信号(参数放大器的泵浦电压)的低通滤波, 具体需求参数如下:

- A、频率范围涵盖: DC-80 MHz;
- B、阻抗: $\approx 50 \Omega$;
- C、连接器类型: SMA;
- D、工作温度支持 $\leq 10\text{mK}$;
- E、带外抑制: $\geq 35\text{dB}$ 。

(1.9) 低温负载 100 个: 配合低温环形器使用, 用于读取线路中双结环形器和隔离器的构造, 具体需求参数如下:

- A、阻抗: $\approx 50 \Omega$;
- B、连接器类型: SMA;
- C、工作温度支持 $\leq 10\text{mK}$;
- D、回波损耗: $\geq 28\text{dB@DC-4GHz}$, $\geq 25\text{dB@4-8GHz}$, $\geq 20\text{dB@8-18GHz}$

(1.10) 超导量子芯片封装组件; 用于将超导量子芯片封装并安装到稀释制冷机的 10mK 盘上, 然后通过外部的微波无磁同轴线将量子芯片的操纵线路连接到外部电子学设备。具体需求参数如下:

- A、256 芯 SMP 射频接口: 包含 256 个 SMP 射频集束接口;
- B、集束盒外壳为铝合金钝化; SMP 连接器外导体为铜镀金, 内导体为铜镀金, 绝缘子为聚四氟乙烯;
- C、绝缘电阻: $\geq 50\text{M}\Omega$ (测试电压 100V(DC)); 特性阻抗: $50 \Omega \pm 5 \Omega$; 产品要求无磁;
- D、配备封装铝桶; 内径 165 mm; 外径 170mm; 长度 368mm;
- E、配备磁屏蔽桶, 材料为坡莫合金; 内径 170.8 mm; 外径 173mm; 长度 376mm;
- F、配备集束盒挂架; 无氧铜;

2: 干式氮质谱检漏仪 1 台套

2.1、功能及用途：在超导量子计算领域，干式氮质谱检漏仪是用于检测稀释制冷机密封性的关键设备。

2.2、技术参数：需求技术参数如下：

- A、★最小可检氮漏率（真空模式）： $<6 \times 10^{-12} \text{mbar} \times \text{L/s}$;
- B. 最小可检氮漏率（吸入模式）： $<6 \times 10^{-8} \text{mbar} \times \text{L/s}$;
- C、最大允许入口压强：15 mbar;
- D、漏率讯号的时间常数： $\leq 1 \text{s}$;
- E、★内置漏孔： 10^{-7}mbar L/s 内置漏孔（受温度影响 $\leq 0.6 \%/^{\circ} \text{C}$ ）;
- F. 可检质量数：2，3 和 4 原子质量单位;
- G. 测试口连接法兰：DN25KF;
- H. 内置前级泵：干泵，抽速 $\geq 25 \text{m}^3/\text{h}$;
- I. 内置分子泵：高压比分子泵;
- J. 检漏仪对氮气抽速： $\geq 2 \text{L/s}$ （最小漏率时）;
- K. 重量： $\geq 100 \text{kg}$;

3: 冷水机 1 台套

3.1、功能及用途：在超导量子计算领域，工业冷水机是用于配合稀释制冷机制冷压缩机和分子泵组运行的必需设备。

3.2、技术参数：工业水冷机的主要技术指标参数需求如下：

- A、制冷量： $\geq 35 \text{KW}$;
- B、水流量： $\geq 6.0 \text{m}^3/\text{h}$;
- C、箱容量： $\geq 170 \text{L}$;
- D、制冷剂：R410a;
- E、扬程： ≥ 30 米;
- F、控制精度：优于 $\pm 1.5^{\circ} \text{C}$ 。

4: 自增压液氮罐 1 个

4.1、功能及用途：在超导量子计算领域，液氮是稀释制冷机必备的唯一低温气体消耗品。液氮主要为稀释制冷机的液氮冷阱提供低于 80K 的低温，从而冷凝稀释循环管路中的杂质气体。自增压液氮罐是液氮储存和运输的专用低温设备，用于维持每台稀释制冷机每周约 20 L 的液氮供应。

4.2、技术参数：自增压液氮罐参数需求为：

- A、容量： $\geq 100\text{L}$ ；
- B、工作压力： $\leq 0.1\text{Mpa}$ ；
- C、输液量： $\geq 5\text{ L/min}$ ；
- D、配备输液阀、放空阀和增压阀；
- E、配备压力表，可监控罐内压力；
- F、罐体配备可移动滑轮。

5: 量子阵列控制与读取系统 1 套

5.1、功能及用途：室温量子阵列控制与读取系统用来产生高精度操纵与读取量子比特的微波信号，并通过室温和低温布线系统传输到稀释制冷机内的量子芯片上，进而进行量子比特的调控和测量。

5.2、技术参数：具体参数需求如下：

- A、不少于 56 路高速 XY 任意微波播放通道；
- B、不少于 144 路 Z 任意微波播放通道；
- C、不少于 12 路高速采集通道；
- D、★播放通道采样率不低于 8GSps，支持采样率配置；
- E、DAC 采样精度 $\geq 14\text{bit}$ ；
- F、★采集通道采样率不低于 4GSps，支持采样率配置；
- G、射频通道特征阻抗： $50\ \Omega$

- H、具备快速波形下载功能；
- I、下载波形长度优于 100M 采样点；
- J、系统支持播放通道与采集通道模块级拓展能力，可任意配置采集通道与播放通道的数量；
- K、支撑脉冲信号生成功能；
- L、★支持动态反馈功能，设备间反馈延迟 $\leq 500\text{ns}$ ，设备内部通道间反馈延迟 $\leq 300\text{ns}$ ；
- M、★支持基于 PCIe 的异构计算框架。

5.3、配件及参数：量子阵列控制与读取系统配件如下：

(5.1) 微波放大器 70 个：用于放大室温下的 XY 激励信号和读取信号，便于进行信号采集与量子态分析；

- A、放大频率范围涵盖：4-8 GHz；
- B、★增益： $\geq 25\text{ dB}$ 60 个，增益： $\geq 75\text{ dB}$ 10 个；
- C、增益平坦度：优于 $\pm 2\text{ dB}$ ；
- D、1dB 压缩点 (P-1dB)： $\geq 12\text{dB}$ ；
- E、连接器类型：SMA

(5.2) 隔直器 70 个：用于室温端 XY 信号的低频信号滤波，降低系统的噪声水平；

- A、工作频率涵盖：100 MHz-15 GHz；
- B、阻抗： $\approx 50\ \Omega$ ；
- C、连接类型：SMA；
- D、回波损耗： $\geq 30\text{ dB}@100\text{ MHz}$

(5.3) 室温射频线缆 500 根：用于室温端量子比特调控信号以及读入和读取信号的低损耗传输；

- A、工作频率涵盖：DC-18 GHz；
- B、接口类型：SMA 公转 SMA 公；
- C、长度：2 米；
- D、衰减： ≤ 3 dB@ 5GHz

(5.4) 射频连接器 1250 个：用于高效连接室温端和低温端的微波器件和线缆；

- A、SMA-母对母 200 个；频段：DC-18GHz；无磁镀金；可用于 10mK 低温；
- B、SMA-公对公 200 个；频段：DC-18GHz；无磁镀金；可用于 10mK 低温；
- C、SMA 三通（一公两母）50 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- D、SMA-母对母（穿墙加长）300 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- E、SMA-母座 100 个；无磁；频段：DC-6GHz；
- F、SMA-公座 100 个；无磁；频段：DC-6GHz；
- G、SMA 三通（母一转二）50 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- H、BNC 公转 SMA 母 50 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- I、BNC 母转 SMA 公 50 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- J、BNC 母转 SMA 母 50 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- K、BNC 公转 BNC 公 50 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- L、BNC 母转 2BNC 母 50 个；无磁；频段：DC-18GHz；
- M、BNC 母三通 50 个；无磁；频段：DC-18GHz

6：多通道相参信号源 2 台

6.1、功能及用途：用于为测量超导量子器件实验的相关低温微波器件提供低相噪的可靠控制源，是进行超导量子计算相关实验的必要条件。本项目拟采购的两台多通道相参信号源需要分别产生 5 路和

8 路标准的相参高频率正弦信号，并提供实验室、外场测试、产线测试等多种环境下的标准正弦信号，作为测试调试的第一步，必须要产生近乎理想情况下的完美信号，才能从源头遏制测试的偏差，保证结果的精确。

6.2、技术参数：

- A、总共独立通道数不少于 13；
- B、★输出频率范围：涵盖 2-16 GHz；
- C、输出功率范围：涵盖-20dBm~20dBm；
- D、输出信号杂波： $\leq -70\text{dBc}$ （12GHz 以下）
- E、★相位噪声（10GHz）： $\leq -110\text{dBc/Hz@10kHz}$ ；
- F、★频率分辨率：优于 0.01 Hz。

7：铷钟 1 台

7.1、功能及用途：超导量子计算实验中，各仪器设备的协调工作均需要精准的时钟信号作为参考，需要输入高品质的时钟信号，高精度铷钟和配套的频率分配器来满足实验需求。

7.2、技术参数：

- A、尺寸：1U 机箱；
- B、频率输出：10MHz；
- C、输出端口数量： ≥ 4 路输出；
- D、★相位噪声： $\leq -100\text{dBc/Hz@1Hz}$
- E、快速锁定和驯服，开机 5 分钟内频率稳定度优于 $5\text{E}-10/\text{s}$ ；

8：频率分配器 1 台

8.1、功能及用途：频率分配器是用于高精度时钟信号分配的仪器，配套铷钟使用。因为室温量子测控系统仪器种类和数量很多，均需要配套使用同基准的时钟信号，而单通道的铷钟源比较昂贵，因此

需要频率分配器来满足实验需求。

8.2、技术参数：

- A、输入频率范围涵盖 1-100MHz，输出 1-100MHz；
- B、通道间相对相位抖动 $<5fs@1s$ ；
- C、频率稳定度优于 $5E-15/s$ ；
- D、★相位噪声 $\leq -140dBc/Hz@1Hz$

9：数据处理终端 1 套

9.1、功能及用途：在超导量子计算领域，数据处理终端是用于实现高性能测控、数据处理和数值模拟的关键设备。

9.2、技术参数：

- A、CPU：主频 $\geq 3.4GHz$ ；核心数量 \geq 十六核心；线程数量 \geq ：二十四线程；热功耗(TDP) $\leq 150W$ ；
- B、机箱：散热器类型：CPU 散热器；适用平台：Intel Socket LGA 1700/1200/115X/775 和 AMD AM4/AM5；散热方式：风冷；电源参数：12V, 0.1A；风扇数量： ≥ 1 个；噪音： $\leq 35dB$ ；热管数量： ≥ 6 个；
- C、主板：PCI Express x8；适用 CPU 接口：INTEL LGA1700 / Wi-Fi 连接：Wi-Fi 6；板型：ATX（标准型）；支持 PCIe 协议：支持 PCIE5.0；
- D、内存：总容量 $\geq 32GB$ ；DDR 代数： $\geq DDR5$ ；频率： $\geq 6000MHz$ ；
- E、显卡：专业图形显卡；GPU 显存 $\geq 12GB GDDR6$ ；显存位宽：192-bit；显存带宽：288GB/s；最大功耗：70W；图形总线：PCI Express 4.0 x 16；显示端口：4 x Mini DP 1.4a；支持分辨率：4 x 4096 x 2160@120Hz；4 x 5120 x 2880@60Hz；4 x 7680 x 4320@60Hz；
- F、硬盘：硬盘 1：企业级缓存：512MB；接口：SATA 接口；转速 $\geq 7200rpm$ ；容量 $\geq 16TB$ ；硬盘 2：企业级缓存：256MB；接口：

- SATA; 接口; 转速 ≥ 7200 rpm; 容量 ≥ 8 TB;
- G、光口: 2 个 10G 万兆光口, 速率: 1900M 及以上; 接口: PCI-E;
网卡连接方式: 有线;
- H、网口: 2 个千兆电口, 接口: RJ45; 网卡连接方式: 有线;
- I、电源: 电源尺寸: 标准电源 (ATX); 电源功率: >1200 W;
- J、水冷: 360 冷排, 280 冷排, 240 冷排, 120 冷排 / 体型: 大型
机箱颜色: 黑色;
- K、屏幕: 屏幕尺寸: 27 英寸; 分辨率: 2560*1440; 对比度: 1000000:1;
直面屏; 响应时间: 1ms; 屏幕刷新率: ≥ 120 Hz; 接口: HDMI,
DP, 音频/耳机输出;
- L、系统: 预装 Windows10 专业版, Office、MatLab 和 SolidWorks
软件。

9.3、配件及参数: 数据处理终端需要的配件及参数如下:

(9.1) 万兆交换机 1 台, 需求技术参数如下:

- A、 ≥ 24 个 1/10G SFP Plus 端口;
- B、(AC/OC) 自带电源。

(9.2) 千兆交换机 1 台, 需求技术参数如下:

- A、提供 $\geq 24 \times 10/100/1000$ Base-T 自适应以太网端口;
- B、 $\geq 4 \times 10$ G SFP+ 上行光口;

(9.3) 路由器 1 台:

- A、最大支持 150MHz 频宽;
- B、最高速度可达 5000M;
- C、内置 2.5G 跨代网口;
- D、采用新 Wi-Fi 6 无线技术

(9.4) 光纤跳线 20 根：

- A、长度：2 米 10 根，5 米 5 根，10 米 5 根；
- B、类型：万兆 OM4；
- C、接口类型：LC-LC；
- D、回波损耗： ≥ 30 dB；
- E、插入损耗变化率： ≤ 0.5 dB

(9.5) 光纤模块 20 个，需求技术参数如下：

- A、模块类型：SFP 万兆；
- B、传输速率可达到 10 GHz；
- C、接口类型：LC 双接口

(9.6) 网线 10 根，需求技术参数如下：

- A、长度：5 米 5 根，10 米 5 根；
- B、网线类型：超六类；
- C、下载速率最高可达到：1000 Mbps

10：测控机柜 2 个

10.1、功能及用途：在超导量子计算领域，测控机柜是用于放置和管理各种电子学设备的重要组成部分。这些设备包括任意波形发生器、示波器、矢量网络分析仪、微波源等，测控机柜不仅提供了物理空间，还确保了设备的散热和稳定运行。

10.2、技术参数：

- A、托板 8 块，且托板间距可调；
- B、尺寸：1800×600×800mm；
- C、配备可移动滑轮，可拆卸；

D、配备专用机柜螺丝 ≥ 50 个

11: 隔离变压器 1 台

11.1、功能及用途：在超导量子计算领域，隔离变压器是确保量子测控系统稳定运行的关键设备。隔离变压器的主要用于电气隔离、电压稳定以及提高电气安全性、减少电气干扰、提高信号传输质量、稳定测控系统。在量子测控系统中，隔离变压器安装在市电输入端，将市电地与测量系统干净地隔离开来，避免输入端电气系统和电气噪声影响输出端电压和电流，及对量子系统的干扰。

11.2、技术参数：

- A、输入输出电压为单相 220V；
- B、支持功率超过 10KW，可支持单相超过 40A 的输出电流；
- C、配备两个散热风扇；
- D、配备 8 路输出插排（10A*4，16A*4）；
- E、配备实时监测电压电流表

12: 连续不断电设备 1 台

12.1、功能及用途：在超导量子计算领域，连续不断电设备是确保实验设备在电力中断情况下仍能稳定运行的关键设备。能够为超导量子计算中的各种高精度电子设备提供持续稳定的电力供应，防止因电力波动或中断导致的数据丢失和设备损坏。

12.2、技术参数：

- A、输入单相 220V，输出 220V；
- B、最大带载 9000W；
- C、内置 12V9AH 电池 16 节；
- D、满载后可备用时间 ≥ 2 分钟

13: 电子干燥柜 1 台

13.1、功能及用途：在超导量子计算领域，电子干燥柜用于储存量子芯片，低温环形器、低温放大器等对温度和湿度要求很高的电子元件。

13.2、技术参数：

A、湿度范围：<10%RH；

B、容量：≥600L；

C. 温湿显示器精度：优于±1.5° C，优于±5%RH。

14: 防静电工作台 1 个

14.1、功能及用途：在超导量子计算领域，防静电工作台是进行低温射频器件焊接的必备工作台，量子测控系统中所必须得低温放大器、常温放大器、低频放大器、微波开关等射频微波器件的焊接都需要在静电工作台上进行。

14.2、技术参数：

A、表面采用 2mm 防静电贴面；

B、配备多功能方孔挂板；

C、承重：≥100kg；

D、长宽高不小于 1200/750/800mm；

15: 矢量网络分析仪 1 台

15.1、功能及用途：在量子计算领域，矢量网络分析仪（VNA）是用于测量量子比特间相互作用和评估量子电路传输特性的重要工具。随着量子计算技术的快速发展，对于能够在超低温环境下工作的高性能 VNA 的需求日益增加。它能准确测出被测器件或网络的 S 参数，通过测量 S 参数，来获得被测器件或网络的幅度和相位信息等。

15.2、技术参数：

- A、★频率范围涵盖：5 kHz 至 18 GHz；
- B、端口数量：不小于 2；
- C、动态范围： > 100 dB (10 MHz to 8 GHz)；
- D、测量带宽需涵盖：10 Hz-500 KHz。

16: 频谱分析仪 1 台

16.1、功能及用途：频谱分析仪主要功能是对无线电信号进行测量，是测试电子产品研发、生产、检验的常用工具，其是测试实验中的射频万用表。拟采购的频谱仪分析仪用于超导量子计算中便于观测电信号频谱结构，也用于信号失真度、调制度、谱纯度、频率稳定性和交调失真等信号参数的测量。它采用数字方法直接由模拟/数字转换器（ADC）对输入信号取样，再经 FFT 处理后获得频谱分布图。因此在无线电信号测量中，必不可少。

16.2、技术参数：

- A、★频率范围：涵盖 5 kHz 至 20 GHz；
- B、★频率分辨率优于 0.02 Hz；
- C、分辨率带宽（-3 dB）：扫频滤波器 100 kHz 至 10 MHz；
- D、显示平均噪声电平（DANL）： $14 \text{ GHz} \leq f < 20 \text{ GHz}$ 不高于 -120 dBm；
- E、相位噪声： $f = 1 \text{ GHz}$ ，10 kHz 频率偏移不高于 -100 dBc (1 Hz)；
- F、分析带宽不小于 10 M。

17: 高采样数字示波器 1 台

17.1、功能及用途：高采样率数字示波器主要用于高频微波时域信号的直接观察，在进行超导量子计算实验时，调控和测量量子比特的微波信号经常在 DC-8 GHz 之间，因此需要经常辅助使用来观察信号，分析测量过程中的问题。

17.2、技术参数：

- A、★最大带宽不小于 10 GHz；
- B、★采样率不低于 100 GSa/s；
- C、端口数量：不小于 4。

序号 2：非线性超声测量系统

1. 功能及用途

非线性超声测量系统是利用声波传播时与材料微观结构相互作用而产生的非线性响应进行材料性能表征和微损伤的检测，从本质上反映了微损伤对材料非线性的影响，如位错演化、微裂纹萌生等，因此可以用于材料早期性能退化的检测。基于超声的非线性效应，现有的非线性超声无损检测方法主要有高次谐波及次谐波法、波束混叠法以及谐振频率漂移法。配置合适换能器，使用非线性超声测量系统可以实现下述非线性超声无损检测方法。

- 1、材料非线性与材料物性相关变化研究；
- 2、低效能及新型换能器 EMAT、空耦换能器研究；
- 3、对超声信号的精确测量（可达 4 皮秒）实现材料的弹性模量等精确测量。

仪器特色：

- 1、超外差接收放大器，检波能力强，可以将非线性信号分离出来；
- 2、积分检测，可精确测量衰减；
- 3、相敏检波，精确测量声时。
- 4、高功率输出，可达 5KW；

应用范围：

- 1、在通过材料的非线性性能分析材料的微结构变化，从而评估早期损坏、粘接界面研究等；

2、通过精确测量声时，分析材料性能，如材料泊松比、杨氏模量等；

3、通过对 EMAT 的研究拓展非接触式测量的范围。

4、其他特殊研究；

2、技术参数

1、★软件：高级控制和分析软件包；提供 LABVIEW 函数库；可进一步二次开发，拓展更多应用；

2、发射源：正弦射频脉冲串；

★最大输出功率：5KW(均方根功率)，峰值功率 10KW

优化频率范围，两种可选其一；50 KHz~500 KHz，250 KHz~7 MHz；

最大脉冲宽度：200 μ s；最大占空比：0.3%；

输出控制：0~100，峰值电压 1440Vp-p；

3、接收器：双路输入接收通道；

★总增益：22db~100db(如接外部前置放大最大可增益到 140 db)

增益控制；78db，单步 2db；

内置高通滤波器 3 组，0.1MHz、1MHz、4MHz

内置低通滤波器 3 组，20MHz、40MHz、80MHz

★接收器带宽范围：50KHz~80MHz；

中频带通滤波器：3 组，0.4MHz、1 MHz、4 MHz；

相位低通滤波器：8 组，0.05,0.1,0.15,0.25,0.4,0.7,1, 和 2MHz

4、同步触发：内部、外部、计算机、手动等；

5、重复频率：15 级可选，0.01Hz -10KHz；

备注：带“★”为重要参数。